

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-072318

(43)Date of publication of application : 17.03.1995

(51)Int.Cl.

G02B 5/10

G21K 5/02

(21)Application number : 06-033538

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 03.03.1994

(72)Inventor : EBINUMA RYUICHI
WATANABE YUTAKA

(30)Priority

Priority number : 05102757 Priority date : 28.04.1993 Priority country : JP
05149159 21.06.1993

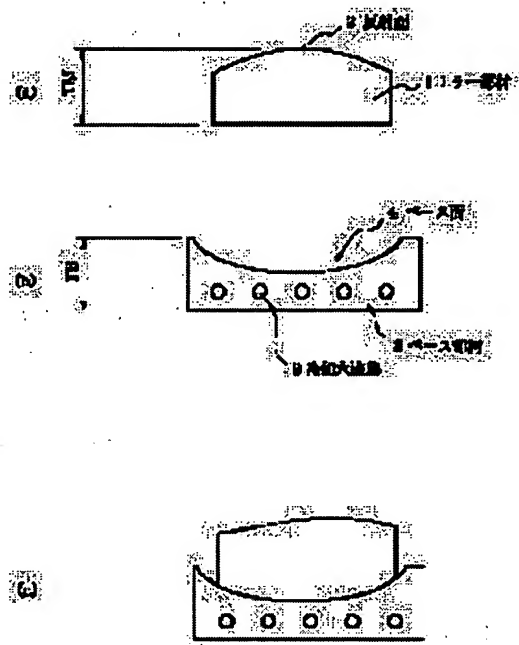
JP

(54) REFLECTOR AND ILLUMINATION DEVICE AND EXPOSURE DEVICE USING THE SAME AS WELL AS PRODUCTION OF DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To easily obtain a reflection surface of an aspherical shape having high accuracy by joining a reflection member having the reflection surface subjected to mirror finishing and a base member having a base surface and profiling the rear surface of the reflection member and the base surface of the base member, thereby forming the reflection surface to the aspherical shape.

CONSTITUTION: Silicon carbide, quartz, etc., which are workable to small surface roughness are used for the mirror member 1 having the reflection surface 2. The reflection surface 2 is worked to a cylindrical surface or spherical surface of the shape approximate to the desired aspherical shape. Metals, such as stainless steel, are used for the material of the base member 3. The base surface 4 of the base member 3 is worked by a working method, such as NC grinding, to such a surface provided with only the difference between the desired aspherical shape and the working shape (cylindrical surface shape or spherical surface shape) of the reflection surface 2 of the mirror member 1, i.e., the aspherical surface quantity. The reflection surface 2 is deformed by applying stress thereto from the rear surface side of the mirror member 1, by which the reflection surface having the desired aspherical shape is formed.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-72318

(43) 公開日 平成7年(1995)3月17日

(51) Int. Cl. ¹	識別記号	片内整理番号	P I	技術表示箇所
G 0 2 B 5/10		C 9224-2K		
G 2 1 K 5/02		X		

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平6-33539

(22) 出願日 平成6年(1994)3月3日

(31) 優先権主張番号 特願平5-102757

(32) 優先日 平5(1993)4月28日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平5-149159

(32) 優先日 平5(1993)6月21日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 海老沼 隆一

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(72) 発明者 渡辺 豊

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

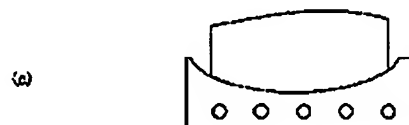
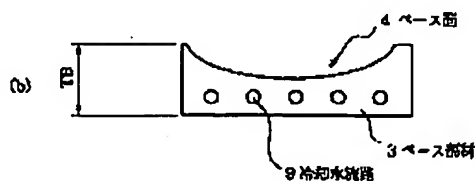
(74) 代理人 弁理士 丸島 敏一

(54) 【発明の名称】 反射装置とこれを用いた照明装置や露光装置、並びにデバイス製造方法

(57) 【要約】

【目的】 精度の高い非球面形状の反射面を容易に得ること。

【構成】 高精度で鏡面加工された円筒状あるいは球面状の反射面2を有するミラー部材1と、所定形状のベース面4を有するベース部材3とを用意する。そしてこれらの部材同士を押し付け合わせることで、ミラー部材1に応力を与えて反射面2を変形させ、所定の非球面形状を形成する。



(2)

特開平7-72318

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 鏡面加工された球面形状の反射面を有する反射部材と、所定形状のベース面を有するベース部材とが接合され、前記反射部材の裏面と前記ベース部材のベース面とをならわして前記球面形状を変形させることによって、前記反射面を非球面形状としたことを特徴とする反射装置。

【請求項2】 鏡面加工された円筒面形状の反射面を有する反射部材と、所定形状のベース面を有するベース部材とが接合され、前記反射面の裏面と前記ベース部材のベース面とをならわして前記反射面の円筒面の曲率を局所的に変化させたことを特徴とする反射装置。

【請求項3】 前記反射部材又はベース部材の両端を保持する部材を有することを特徴とする請求項1又は2記載の反射装置。

【請求項4】 前記保持部材の上に設けられた補強部材を有することを特徴とする請求項3記載の反射装置。

【請求項5】 前記ベース部材に冷却媒体流路を設けたことを特徴とする請求項1乃至4のいずれかの反射装置。

【請求項6】 請求項1乃至5のいずれかの反射装置において、 L ：反射部材の光軸方向の寸法、 L_e ：反射部材の反射面有効領域の光軸方向の寸法、とすると以下の条件を満たすことを特徴とする。

$$L - L_e > 1/2 L_e$$

【請求項7】 請求項1乃至5のいずれかの反射装置において、 L ：反射部材の光軸方向の寸法、 L_e ：反射部材の反射面有効領域の光軸方向の寸法、 T_M ：反射部材の厚さ寸法、とすると以下の条件を満たすことを特徴とする。

$$L - L_e > T_M$$

【請求項8】 紫外線より短波長の光線を反射させることを特徴とする請求項1乃至7のいずれかの反射装置。

【請求項9】 放射源と、該放射源からの放射ビームを反射変形するための請求項1乃至8のいずれかの反射装置とを有することを特徴とする照明装置。

【請求項10】 前記放射源はシンクロトロン放射源を有する請求項9記載の照明装置。

【請求項11】 請求項9又は10記載の照明装置と、該照明装置で得られた放射ビームによって被照光体を露光する手段を有することを特徴とする露光装置。

【請求項12】 露光領域内の各位置において露光時間を制御するためのシャッタを有する請求項11記載の露光装置。

【請求項13】 請求項11又は12記載の露光装置を用いてデバイスを製造することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項14】 請求項13記載の製造方法で製造されたことを特徴とするデバイス。

【請求項15】 鏡面加工された球面形状の反射面を有

2

する反射部材を用意し、該反射部材に応力を与えることによって前記反射面に変形を与え、反射面を非球面形状とすることを特徴とする反射面の形成方法。

【請求項16】 鏡面加工された円筒面形状の反射面を有する反射部材を用意し、該反射部材に応力を与えることによって前記円筒面の曲率を局所的に変化させ、反射面を非球面形状とすることを特徴とする反射面の形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はシンクロトロン放射光などに好適な反射装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 マスクの転写パターンをウエハ上のレジストに露光転写させる露光装置の例として、シンクロトロン放射光に含まれるX線を利用したX線露光装置が知られている。シンクロトロン放射光は電子の軌道面に光を発生させるSOR装置から得られる。SOR装置の放射光は水平方向には大きな広がりを持つが、垂直方向はせいぜい数mrad程度の発散角の広がりしかない。

【0003】 よってX線露光装置として必要な数cmの露光領域を確保するためにはシンクロトロン放射光を垂直方向に拡大する必要がある。そのための手段の一例として、X線を反射させるミラーが利用される。ミラーの反射面形状を凸面形状とすることによって光を拡大することができる。ミラーの反射面形状を円筒面に加工するのは比較的容易であるため、円筒面の反射面形状を有するミラーを拡大ミラーとして利用する方法が知られている。

【0004】 シンクロトロン放射光の垂直方向の強度分布はほぼガウス分布形状である。ミラーの反射面形状が凸円筒面の場合は、反射拡大されたシンクロトロン放射光の強度分布もほぼガウス分布形状となるため、露光領域内の照明強度は不均一となる。しかしながらX線露光装置では、露光領域内では露光量が均一になっていなければならない、何らかの方法で露光量を均一化させる必要がある。

【0005】 特開平4-144224号公報では、ミラーの反射面の形状を工夫することによってほぼ均一な照明強度を得ることができることを開示している。これはミラーの反射面形状を円筒形状ではなく曲率半径が一様ではない形状、いわゆる非球面形状とすることで達成している。

【0006】

【発明が解決しようとしている課題】 しかしながら、上記従来例のような非球面の反射面を得る場合、その加工方法に問題がある。シンクロトロン放射光を利用した露光装置においては、照明光として波長が1nm程のX線を利用するが、この波長領域の光を反射させるためには、反射面が1nmに対して滑らかになっていなければ

(3)

特開平7-72318

3

ならない。平面や球面あるいは円筒面等の形状であれば、その形状を反転した形状を有する研磨盤や研磨皿をミラー部材の被加工面と磨き合わせることによって、形状精度と滑らかさを確保する事ができるが、いわゆる非球面形状にはこの方法を適応させることはできない。よって表面を鏡面(1nmに対して)且つ非球面形状に加工することは現実的には容易ではない。

【0007】本発明は上記課題を解決するものであり、精度の高い非球面形状の反射面を容易に得ることができ、反射装置を提供することである。本発明の別の目的としては、前記反射装置の最適構造や最適寸法などを決定することである。また、本発明の更なる目的は、上記反射装置を用いた照明装置や露光装置など、更にはデバイスの製造方法の提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決する本発明の反射装置の好ましい形態のひとつは、鏡面加工された反射面を有する反射部材と、所定形状のベース面を有するベース部材とが接合され、前記反射部材の裏面と前記ベース部材のベース面とをならわせて前記反射面を非球面形状としたことを特徴とするものである。

【0009】また、本発明の反射装置の好ましい別の形態は、鏡面加工された円筒面形状の反射面を有する反射部材と、所定形状のベース面を有するベース部材とが接合され、前記反射面の裏面と前記ベース部材のベース面とをならわせて前記反射面の円筒面の曲率を局所的に変化させたことを特徴とするものである。

【0010】

【実施例】

<実施例1>以下、本発明の第1実施例について説明する。以下説明する反射装置は、シンクロトロン放射光に限らず、波長の短い光とりわけ紫外線より短波長の光線を反射させるのに好適である。

【0011】図1はシンクロトロン放射光を拡大するための反射装置を含むX線照明装置の概略図である。SOR装置の電子蓄積リング10から放射されるシートビーム状のシンクロトロン放射光11を、軌道面に対して垂直方向に反射拡大させるために、X線ミラー12の反射面の形状は光軸方向に凸状の曲率を持つように形成されている。X線を効率良く反射させるために反射面は例えば炭化シリコン等の材料を数オングストローム程度の表面粗さに加工し、更に入射光に対して10~20mrad程度のグラッシング角を持たせて配置している。

【0012】電子蓄積リング10から放射されるシンクロトロン放射光11は、水平方向(軌道面)には均一強度分布であるが垂直方向にはガウス分布状の強度分布を有している。よって照明領域の垂直方向の強度分布を均一にするためにはシンクロトロン放射光の中心部を散光し、周辺部を集光するのが有効である。そのためにはX線ミラー12の反射面形状を中央部では拡大率を大きく

4

即ち曲率半径を小さくして、周辺部では拡大率を小さく即ち曲率半径を大きくする。

【0013】図8のグラフ図における曲線aはこのような反射面形状を示す。横軸はミラーの反射面に沿った光軸方向(2方向)を示し、縦軸は円筒形状(均一曲率)からのずれを示す。この曲線aはシンクロトロン放射光を垂直方向に集光してウエハ上の感光材に吸収されるエネルギーが露光領域内で均一になるようなミラーの反射面形状を計算によって求めたものである。同図から分かるように、この場合の反射面形状は非球面形状となる。

【0014】図12はミラー反射面の形状による照明強度分布を比較するためのグラフ図であり、横軸はウエハの露光領域の垂直方向の位置を示し、縦軸はウエハ上に塗布された感光材に吸収される照明光のエネルギーを示す。曲線aは従来例である円筒面形状のX線ミラーを照明系に用いた場合のウエハ位置での照明強度分布の例を示す。これに対して、曲線bは図8の曲線aに示すような非球面ミラーを用いた場合の例であり、計算上はほぼ均一の照明強度分布が得られる。

【0015】図2はこのような非球面形状の反射面を有するミラーの形成方法を説明する図である。図2(a)は反射面2を有するミラー部材1を示す。ミラー部材1は炭化シリコンや石英等の表面粗さを小さく加工できるものを用い、反射面2を所望の非球面形状に近い形状の円筒面あるいは球面に加工する。円筒面あるいは球面形状であれば裏面の仕上げ加工が容易であり、被加工面形状を反転した形状のピッチ材と被加工面を研磨材を掛けながら擦動させるいわゆるピッチ研磨加工によって、数オングストローム程度の表面粗さが得られる。又、ミラー部材1の反射面2の裏面側は研磨加工によって精度の良い平面に加工する。

【0016】図2(b)は上記ミラー部材1を保持して変形させるためのベース部材3を示す。ベース部材3の材質はステンレス等の金属を用いる。ベース部材3のベース面4はNC研削等の加工方法によって、所望の非球面形状とミラー部材1の反射面2の加工形状(円筒面形状あるいは球面形状)との差、即ち非球面度のみを与えた面となるように加工する。ベース面4はミラー部材1の反射面2ほどの精度の表面粗さは必要はないが、ミラー部材1との間の熱伝達率を良くするためには表面粗さは小さい方が望ましい。又、ベース部材3の内部にはミラー部材1を冷却するための冷却水が流れる複数の流路9が設けられている。

【0017】図2(c)は、(a)のミラー部材1の裏面と(b)のベース部材3のベース面4とを密着させて、ミラー部材1の裏面側から応力を与えることによって反射面2を変形させ、所望の非球面形状の反射面を形成した様子を示す。

【0018】なお、ミラー部材1とベース部材3の間に熱伝導率の高い物質層、例えばインジウム箔を挟むよう

(4)

特開平7-72318

5

にしても良い。これによりミラーからベース部材への熱伝導率を向上させることができ、ミラーの冷却効果を高めることができる。ここでインジウム箔の厚さは均一にするのが望ましい。また、押付力の違いによってインジウム箔の変形の分布が均一でなくなる可能性がある場合には、ベース部材の形状を加工する際にその補正を加えるようにするのが好ましい。

【0019】図3は本実施例の反射装置のより具体的な一例を示す外観図である。この構造は、ミラー部材の変形量を管理する上で優れた構造の一つである。ベース部材3の両脇に保持部材5を取り付け、この保持部材5にそれぞれ設けた複数個のばね部材6によって、両板7を介してミラー部材1をベース部材3側に押し付ける。この押付力によってミラー部材1にはベース部材3のベース面に与えられている非球面形状の変形が与えられ、ミラー部材1の反射面は所望の非球面形状となる。

【0020】ミラー部材1の裏面の変形量とベース部材3のベース面4の加工形状とを精度良く一致させるには、保持部材5及びベース部材3の変形方向の剛性が高く、且つミラー部材1の変形方向の剛性が低いことが望ましい。また、保持部材5の剛性とベース部材3の剛性とを合わせた剛性は、ミラー部材1の剛性よりも高くなければならない。このためにはベース部材3の厚さ寸法をミラー部材1の厚さ寸法よりも大きくすることが有効である。しかし、単純にベース部材3の厚さを大きくすると、全体の寸法が大きくなると共に重量も大きくなる。また、ミラー部材1の反射面の変形量と裏面の変形量とを一致させるためには、ミラー部材1の厚さ寸法が小さいほうが望ましい。だが、ミラー部材1は表面加工の際に面形状が維持できる程度の剛性が必要であるから、ミラー部材1の曲げ剛性を小さくするのにも限界がある。

【0021】また、露光装置で用いられるX線の波長領域を効率良く反射させるためには、ミラー部材の表面がX線波長に対して十分滑らかな表面粗さとなるよう研磨されていなければならない。この要求を満足するためには、ミラー部材は金属材料よりも石英、珪素、炭化珪素等の材料が好ましい。ところが、これらの材料はネジ加工が容易ではないためネジ結合は採用しにくい。そこで上記材料のミラー部材に外力を加えて変形を与える場合は、変形させる方向に対して直角な対抗する2面に押付力となる面荷重を作用させるのよい。これは本実施例のように厚さが長さに比較して小さいミラー部材を曲げる場合に特に有効である。

【0022】これらの要求を満たすべく、図3ではミラー部材1を挟むように2つの保持部材5を配置し、保持部材5の一端を連結する形でベース部材3を配置し、さらに保持部材のもう一端にバネ部材6を配置して、ミラー部材を変形させる方向にバネ部材及びベース部材からミラー部材の表面及び裏面とに押付力を作用させてい

6

る。この構成により、大きな面積に荷重を分散することができ、押付力による面荷重を小さくすることができる。また、剛性に関して設計自由度の高いバネ部材6を用いて荷重を作用させるので、ミラー表面からの押付力を管理することが容易であり、ミラー部材1の変形量はベース部材3の形状によって決定することができる。また、ミラー部材1の裏面とベース部材3のベース面とを接触させるのに必要にして十分な押付力を与えるように制御することができるので、このことからミラー部材1に不要な面荷重を与えないようにすることができる。以上のように図3に示す構造によれば、ミラー部材1に発生する応力を小さくすることができ、ミラー部材1を変形させる自由度を高めることができる。

【0023】図4は別な具体例を示す。この構成では、ミラー部材1を支持する部材として、補強部材8をベース部材3と対抗する位置に配置しており、ミラー部材1を囲むように支持している。図5は図4の構成の断面を示したものである。バネ部材6を補強部材8に固定することで、空間的な利用効率がよくなり、全体の寸法を小さくすることができる。この構成によれば、上記図3の構成よりも小さい外形寸法で、ミラー部材1を支持する構造の剛性を確保することができる。

【0024】この図4の構成は、X線の全反射領域を利用する光学系に適している。シンクロトロン放射光は垂直方向の広がり小さく、発光点から数mm離れた位置でも数mm程度である。1nm程度の波長のX線を全反射させて、近接露光方式のX線露光装置に利用する場合は、ミラー面とX線とのグラジング角は10〜30mrad程度である。例えば、ミラーの位置で垂直方向の寸法で3mmのX線を取り込み、グラジング角を15mradとすると、ミラー部材の反射面の有効領域は、光軸方向の寸法で200mm程度必要である。ミラー部材の光軸方向の寸法は、後に述べる曲げ応力の設定のために有効領域によりさらに大きくとる必要がある。これを考慮したミラー部材の光軸方向の寸法を400mmとし、さらにベース部材3及び補強部材8の光軸方向の長さ寸法をミラー部材3よりも例えば50mm程度大きく設定すると、図5に示すミラー部材1の反射面と補強部材8との間隔cは約4.9mm以上あればよい。このようにX線の全反射を利用する本実施例の反射装置では、補強部材8をミラー部材1の反射面から僅かに離れた位置で反射面全体を覆いつくすように配置することができる。また、ミラー部材1を変形させるための押付力を与えるバネ部材6を、ミラー部材1の反射面と補強部材8との間隙に配置することによって、ベース部材3、保持部材5、補強部材8から成る構造体の曲げ剛性を大きく損なうことがない。

【0025】以上をまとめると、補強部材8を用いた本実施例では次のような利点を有する。

(1) ミラー部材を変形させる際、支持構造体の剛性を

(5)

特開平7-72318

7

最も小さい外形寸法で実現できる。

(2) ミラー部材を押し付けるバネ部材を空間的に効率良く設けることができる。

(3) 組立作業時にミラー部材の反射面を保護することができる。

【0026】次にミラー部材の変形と、それに対応したミラー部材の最適形状について考察する。ミラー部材を上記した方法で変形させると、ミラー部材には変形に伴う曲げ応力とバネ部材の押し付けによる圧縮応力とが発生する。図8のグラフ図において、曲線aのような変形置の場合にミラーに発生する応力を示したものが曲線b及び曲線cであり、曲線bは曲げ応力、曲線cは圧縮応力を示す。ミラー部材のX線を反射させる有効領域はバネ部材による押付力を作用させる面としては利用できないが、曲線cで示される圧縮応力は、有効領域にもバネ部材による押付力が作用しているとして計算している。実際には同様の押付力をミラー部材表面の中央部分の反射有効領域を除外した領域に作用させるので、表面にかかる圧力が大きくなり、図5の曲線bで表される曲げ応力を発生させるのに必要な押付力による圧縮応力は曲線cで表される値よりも大きくなる。正確な応力値を求めるためには、押し付け方に応じてより詳細に解析しなければならないが、ミラー表面全面を押し付けるとした場合の応力は、実際に発生する応力を見積もる上でも有効な指標になる。以降、発生する応力の概略の傾向を把握するために、ミラー表面の幅方向に渡って押付力を作用させた場合の応力を用いて説明する。

【0027】図9～図11は、同一の非円筒面形状を得る場合のミラー部材の変形量と、その変形によって発生するミラー部材表面の曲げ応力とを示したグラフ図であり、ミラー部材の厚さを30mm、弾性係数を40000kg/mm²として計算したものである。図9、図10、図11はそれぞれミラー部材に予め加工しておく円筒面の曲率が異なっており、従ってそれぞれ変形量が異なる。図9はミラー部材の反射面を平面に加工しておく場合であり、図10、図11に比べてミラー部材の変形量が大きく、曲げ応力の最大値も大きい。図10はミラー部材の反射面の曲率半径を29.3mに加工しておく場合であり、図9、図11に比べてミラー部材の変形量が小さい。図11はミラー部材の反射面の曲率半径を46.3mに加工しておく場合であり、図9、図10に比べて曲げ応力の最大値が小さい。

【0028】これらのグラフが示すように、非球面形状を与える方向に対して、ミラー部材の反射面を予め円筒面あるいは球面に加工しておくことによって、非円筒面形状あるいは非球面形状に変形させる際にミラー部材に生ずる応力を小さくすることができる。又、予め加工しておく円筒面あるいは球の曲率は、必ずしも所望の非球面にもっとも近い曲率、すなわち変形量がもっとも小さくなる曲率が最適とは限らない。図9～図11では曲げ応

8

力のみを示したが、前述したようにミラー部材を変形させるためにミラー部材の反射面側からベース部材の方向に押し付ける力を与える場合には、その際には圧縮応力が更に加わることになるので、これらの応力も考慮して反射面の加工の際の曲率を決めるのがよい。

【0029】一増の部材に外力によって固定されている場合、外力は釣り合っていないなければならないが、図3あるいは図4のように、ミラー部材の反射面と反射面の裏面とだけから押付力を作用させる場合は、押し付け方向の合力が釣り合っており、さらに押付力によってミラー部材にかかるモーメントが釣り合っていないなければならない。これらの条件は、曲がり梁の理論ではミラー部材の光軸方向の両端面で曲げ応力とせん断応力が釣りであることと同等であり、図3、図4のように両端面が解放されていれば自然に成立する。応力は変形量によって定まるので、前記のことは、両端面に外力を作用させない場合は、両端部で曲げ応力とせん断力が釣りになるような変形量になることを意味する。従って、図3、図4のような支持構造で変形量を設定する場合は、このことを考慮することで精度の高い変形量を得ることができる。

【0030】図8から図11では、ミラー部材の光軸方向の位置を荷軸に示している。これらの計算例では図12の曲線bで表される照明強度（感光剤の吸収強度）を得るための変形がある時にミラー部材に発生する応力を、ミラー反射面のほぼ有効領域の部分について求めたものである。有効領域の端部付近では曲げ応力あるいはせん断応力（曲げ応力のミラー部材光軸方向位置に関する微分に比例する）は0にならないので、もしミラー部材の長さを350mmとして、ほぼ有効領域と同じにするならば、図に示される変形量を得るためには、両端面に所定の曲げモーメントを与えなければならないことを示している。前述したように図3または図4のような支持構造では端面に力を作用させるのは困難である。そこで図3または図4のような支持の構造にする場合には、変形量の設定をたとえば次の式を荷軸とするのがよい。

【0031】

$$d^4 v / d z^4 = (2^4 - L^4 / 4) \cdot f(z)$$

ここで、z：ミラー部材の中心を原点とする光軸方向の位置

v：変形量

L：ミラー部材の光軸方向長さ

f(z)：滑らかな関数

【0032】実際には変形量は離散的な数値で与えられることになるであろう。いずれにしても、ミラー部材の変形量を光軸方向の位置の関数で表現した場合に、その関数の2階の微分係数および3階の微分係数が両端部で0になっているのが良く、前述の式はこの条件を満たすものである。シンクロトン放射光のガウス状の垂直方向分布を一様分布にするための変形量の設定は、ミラー

9

部材の反射有効面の中央から端にかけて曲率半径を大きくする方向になるので、反射有効面の端部付近でせん断力を0に設定すると、大きな押付力を要求する設定となる。これはミラー部材の強度を超える圧縮応力を発生することになるので、現実には困難である。これを解決する有効な手段は、ミラー部材の光軸方向の長さ寸法 L を反射面の有効領域の長さ寸法 L_e よりも十分大きくすることである。具体的には、次の条件式を満たす範囲で L を定めるのが有効である（図6参照）。

【0033】 $L - L_e > 1/2 L_e$

【0034】また、ミラー部材の厚さ寸法 T とミラー部材の光軸方向長さ寸法 L との関係を、以下の条件式を満たすようにすることも有効である（図6参照）。

【0035】 $L - L_e > TM$

【0036】変形に伴う曲げ応力を小さくするには、ミラー部材の厚さ寸法 T が小さいことが望ましい。一方、ばね部材の押し付けによる圧縮応力を小さくするには、ミラー部材の厚さ寸法 T を小さくすると共に、ばね部材の押付力がミラー部材の反射面側に作用する面積が大きいほうが良い。又、ミラー部材の反射面の加工形状の円筒あるいは球の曲率半径は、上述の応力の和が最も小さくなるように選ぶのが好ましい。

【0037】図7はミラー部材の反射面を示したもので、 W はミラー部材の幅寸法、 B は反射面として使用する有効反射面の寸法である。ばね部材の押し付けによる圧縮応力を小さくするためには、ばね部材の押付力がミラー部材の反射面側に作用する面積を大きくすれば良く、これには図7の斜線部分を大きくして且つばね部材の押付力が斜線部分に分散するように間板を設けることが有効である。間板の材質は銅や金などの比較的柔らかい金属やポリイミド等の樹脂が適切である。又、本実施例のようにシンクロトロン放射光のX線を反射させる反射装置ではミラー部材は真空容器内に配置されるので、間板の材質は真空に適応した脱ガス排出量の少ない性質のものがよい。

【0038】ミラー部材の表面を加工するにあたって面形状を高精度に形成するためにはミラー部材の寸法に考慮すべきことがある。ミラー部材の厚さ寸法 T は少なくとも被加工中に面形状が維持できる程度には十分厚くなくてはならず、又、研磨加工の際には周辺部がだれを生じる場合があるので、幅寸法 W は有効反射面寸法 B より十分大きくとる必要がある。これらを考慮するとミラー部材の斜線部分の幅寸法 $(W - B)$ は反射有効面寸法 B よりも大きくするのが望ましい（図7参照）。

【0039】以上のようにミラー部材の反射面の有効領域外の長さ $(L - L_e)$ を十分に確保すると共に、ベース部材のベース面形状を、有効領域内では所望の非球面形状となるような変形量を得るような形状とし、有効領域外ではミラー部材両端部における曲げ応力とせん断応力とが0となる変形量となるような形状とする。これに

(5)

特開平7-72318

10

よって、ミラー部材に不要な応力を発生させることなく所望の反射面形状を得ることができる。さらに、ミラーの厚さ寸法を大きくしても変形の際に発生する応力を小さくすることもできるので、ミラー反射面を研磨加工する際の形状精度を良くすることができる。

【0040】<実施例2>次に上述の反射装置をシンクロトロン放射光を光源とする露光装置に適用した実施例を説明する。図13はX線露光装置の全体図である。電子蓄積リング10から放射されたシンクロトロン放射光はミラーチャンバ14内に設置されたX線ミラー12によって反射拡大される。X線ミラー12は上記説明した方法によって反射面が形成されたものである。拡大された放射光は、真空ダクト15、ベリリウム等の真空隔壁16、シャッターユニット17を通過してマスク19に投射される。ステージ21はマスク19に対してウエハ20を移動させるものであり、アライメント光学系18によってマスク19とウエハ20とのアライメント状態を検出して、これに基づいて両者の位置合わせを行なう。

【0041】マスク19は1~2 μ mの厚さを有する窒化シリコン等の基板に0.7 μ m程の厚さを有する金等で転写パターンが描かれており、X線はパターン部で大部分が吸収される。マスク19を透過したX線はマスクに近接して配置されたウエハ20上の感光材を露光し、これによってマスクの転写パターンの潜像が形成される。感光材に吸収される照明光は、露光装置の生産性を高くするためには強度が大きい方が望ましく、又、ウエハ20に形成されるパターンの線幅精度を均一にするには露光領域内で均一であることが望ましい。

【0042】先の図8で示したような理想的な反射装置が設計製作できれば、ウエハ上に塗布された感光材を完全に均一強度で露光することが可能である。しかしながら、シンクロトロン放射光の垂直方向の強度分布形状を精密に見積もることの困難性や、又、その強度分布形状が安定していることを要求すること、更には感光材の種類によって露光領域内の吸収強度分布が異なる可能性があること等の理由により、現実的には反射面形状による露光均一性の追求には限度がある。

【0043】そこで本実施例では上述のような反射装置と併用して露光領域内の各所において露光時間を異ならせるシャッター17を用いることによって、より高い露光均一性を得るものである。特開平2-71508号公報では、露光領域内の各所において露光時間を異ならせるシャッターの構成と制御方法とが詳述されているが、このシャッターは露光領域を垂直方向に走査するシャッターを開閉するための板とシャッターを開閉するための板とから構成され、それぞれの板のエッジ部が露光領域内を通過する時に走査速度を変化させることによって、垂直方向の露光時間分布を自由に設定できるようにしたものである。このシャッター17とX線ミラー12を併用することによって、X線ミラー12だけでは均一にし切れなかつ

50

(7)

特開平7-72318

11

た照明強度を補正してより均一な露光量を得ることができ、更にはシンクロトロン放射光の垂直方向の強度分布の変動やウエハ上の感光材の変更等に対しても、シャッタの動き制御を変更するだけで対応することができ

る。
【0044】本実施例のように非球面ミラーとシャッタを併用する場合には、照明強度が完全に均一になるように反射面の非球面形状を形成しなくてもシャッタで補正できるため、反射面形状にある程度不均一性が残ることが許容できる。よってミラー部材を変形させる際の応力が小さくなるように非球面形状を形成すれば良く、ミラー部材を変形させる際に発生する応力を予め見積もってベース面の加工形状を決定すれば良い。

【0045】＜実施例3＞図14は縮小投影型のX線露光装置の実施例を示す図である。図14(a)は光学系の全体図、図14(b)は縮小結像光学系の拡大図を示す。

【0046】図中、101は電子蓄積リング、102は電子蓄積リングに挿入されたアンジュレータ、103、104は照明光学系を構成するミラー、105は反射型X線マスク、106、107、108は縮小結像光学系を構成するミラー、109はウエハである。

【0047】アンジュレータ102からのX線は、照明系のミラー103、104を介してマスク105を均一に照射する。ミラー103、104は非球面ミラーであって、前述の方法すなわち非球面鏡の形状に加工したベース部材に球面のミラー部材を押付け合わせる方法によって、所望の非球面形状の反射面を得ている。

【0048】マスク105上に形成されたパターンは、3枚のミラー106、107、108で構成される縮小結像光学系により1/5に縮小されて、ウエハ109上に投影転写される。ミラー106、107、108はブラック反射を利用した多層膜ミラーである。これらも非球面ミラーであって、変形オフナー型の結像光学系を構成している。非球面の反射面形状は前述の方法によって得たものである。

【0049】＜実施例4＞紫外線を扱う光学系ではガラスによる減衰が大きいので、使える硝材の種類に限られる上に、光源の種類によっては色収差が問題となるので、反射ミラーを使って光学系を構成するのが有効な場合がある。

【0050】図15は反射ミラーを使ったステップ&スキャン方式の紫外線露光装置の実施例の構成を示す。同図において、200は遠紫外光源を含む照明系でスリット光を生成する。201はパターンが描かれたレチクル、202は反射屈折型の結像光学系、203は感光剤であるレジストが塗布されたウエハ、204はウエハ203を載置して移動させるXYステージである。レチクル201は不図示の駆動機構により図の矢印方向に移動させることができる。結像光学系202は、反射ミラー

12

221、屈折レンズ系222、ビームスプリッタ223、非球面ミラー224、屈折レンズ系225からなっている。

【0051】動作について説明する。まず、ステージ204を駆動してウエハ203のあるショット領域に位置合わせする。次いで照明系200が紫外線のスリット光をレチクル201にスリット照明する。この状態でレチクル201はスリット光の長手方向と直交する方向に移動し、これと同期してステージ204によってウエハ203が矢印方向に移動する。結像光学系202はレチクル201の転写パターンをウエハ203に縮小投影し、レチクル201とウエハ203との走査速度比は、結像光学系202の縮小倍率に等しくなっている。こうしてウエハ203の1ショット領域をスキャンしてレチクルの転写パターンを露光転写したら、次のショットにステップ移動して、上記と同様にして転写パターンをスキャン露光転写する。

【0052】図16は非球面ミラー224の詳細な構成を示した断面図である。241は反射面を有するミラー部材、242はミラー部材242を保持するベース部材であり、鏡筒部材243と押え環244と間環245の3つの部材によってミラー部材241の裏面とベース部材242のベース面とが密着接合するようにミラー部材241を変形させている。接合前のミラー部材241は、反射面は球面に加工され、裏面は平面に加工されたものであり、ベース部材242のベース面は変形によってミラー部材241の反射面が所望の非球面形状となるような形状に加工されている。本実施例ではベース部材242のベース面を凸形状としているが、変形によってミラー部材241に生じる応力を小さくするためには、ベース部材242のベース面の形状は球面に近く且つ球面の曲率半径は大きい方がよい。

【0053】＜実施例5＞次に上記説明したいずれかの露光装置を利用した微小デバイスの製造方法の実施例を説明する。図17は微小デバイス（ICやLSI等の半導体素子、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造のフローを示す。ステップ1（回路設計）ではデバイスの回路設計を行なう。ステップ2（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウエハを用いてチップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）ではステップ5で作製されたデバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を

(8)

特開平7-72318

13

怪てデバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0054】図18は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14（イオン打ち込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では上記説明したいずれかの露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップ17（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ18（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行なうことによって、ウエハ上に多量に回路パターンが形成される。本実施例の製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度のデバイスを製造することができる。

【0055】

【発明の効果】本発明によれば、表面粗さが小さく面形状精度が高い反射装置を容易に実現することができる。又、本発明を露光装置に適用すれば、露光精度が高く且つ生産性の高い露光装置とすることができる。又、本発明をデバイス製造に適用すれば、従来は製造が難しかった高集積度デバイスを製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】X線ミラーによるシンクロトン放射光を拡大の説明図である。

【図2】反射装置の実施例の説明図である。

【図3】反射装置の具体的構成の外観図である。

【図4】反射装置の別の具体例の外観図である。

【図5】図4の装置の断面図である。

【図6】ミラー部材の最適寸法を説明するための図である。

20

*【図7】反射装置を上方から見た図である。

【図8】反射装置の非球面形状及び応力を説明するためのグラフ図である。

【図9】反射装置の非球面形状及び応力を説明するためのグラフ図である。

【図10】反射装置の非球面形状及び応力を説明するためのグラフ図である。

【図11】反射装置の非球面形状及び応力を説明するためのグラフ図である。

10 【図12】照明強度分布を説明するためのグラフ図である。

【図13】X線露光装置の実施例の構成図である。

【図14】縮小投影型のX線露光装置の実施例の構成図である。

【図15】走査露光型の露光装置の実施例の構成図である。

【図16】反射装置の構成図である。

【図17】デバイスの製造フローを説明する図である。

【図18】ウエハプロセスの詳細なフローを説明する図である。

【符号の説明】

1 ミラー部材

2 反射面

3 ベース部材

4 ベース面

5 保持部材

6 パネ部材

7 間板

8 補強部材

30 9 冷却水流路

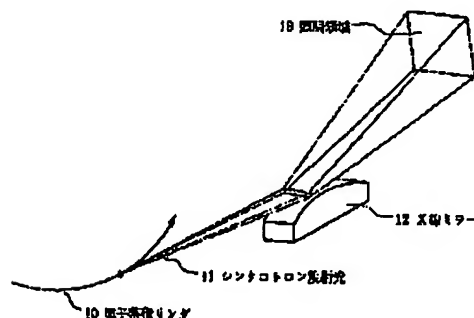
10 電子蓄積リング

11 シンクロトン放射光

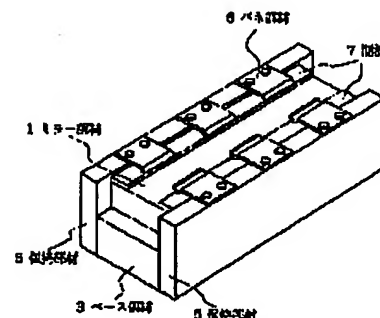
12 X線ミラー

13 照明領域

【図1】



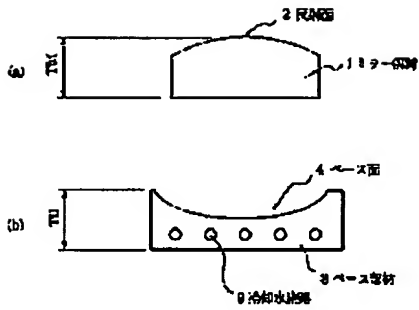
【図3】



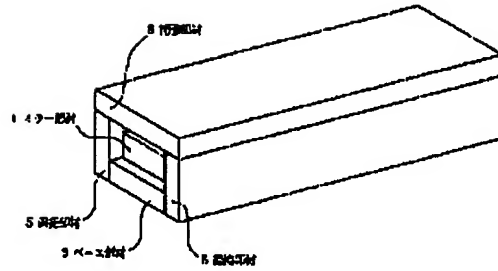
(9)

特開平7-72318

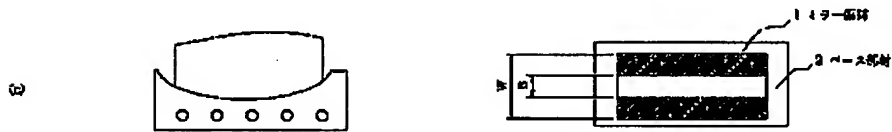
【図2】



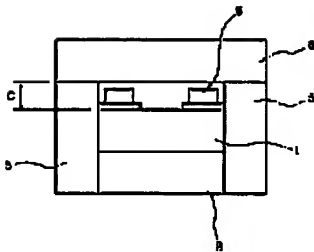
【図4】



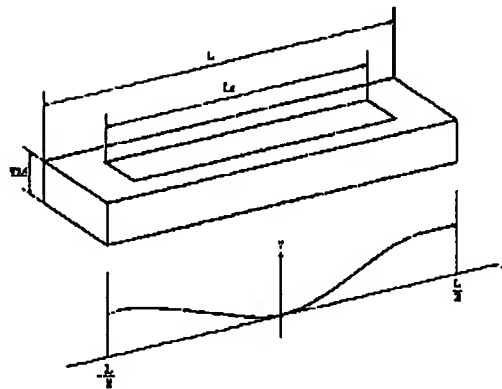
【図7】



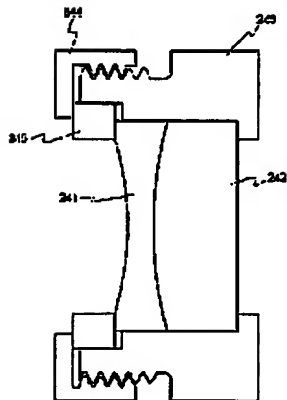
【図5】



【図6】



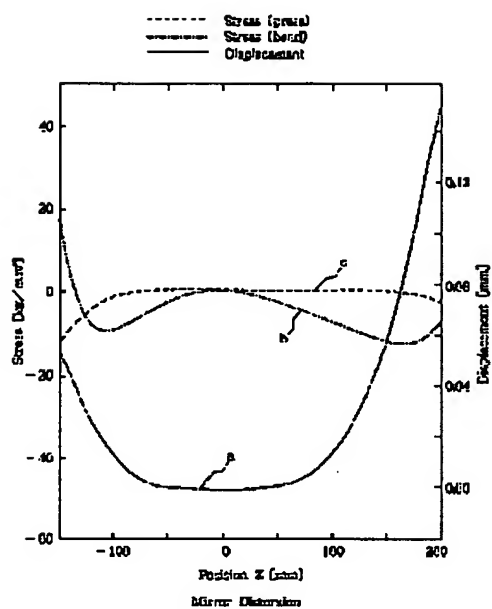
【図16】



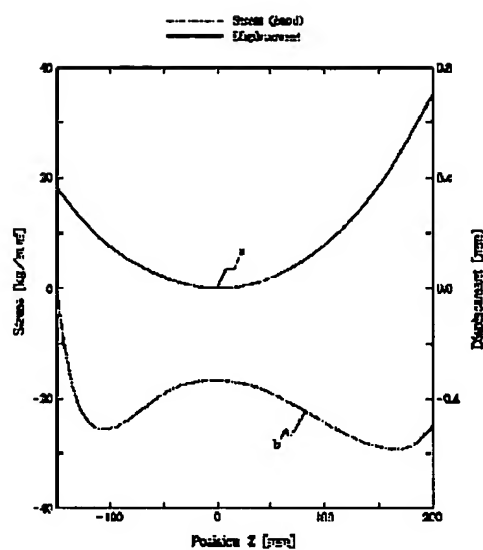
(10)

特開平7-72318

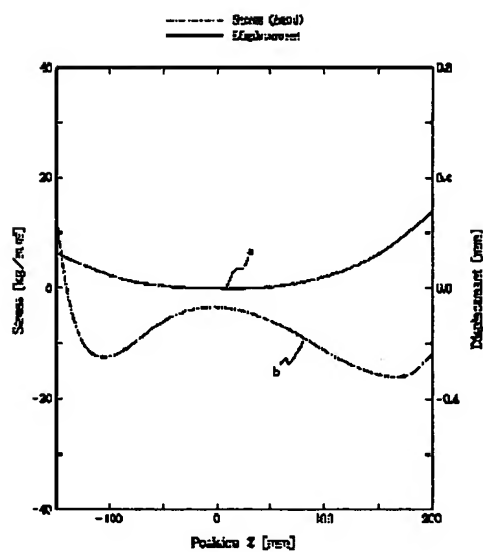
【図8】



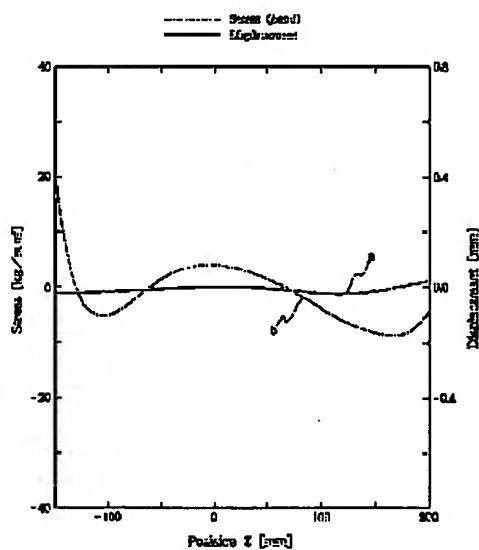
【図9】



【図11】



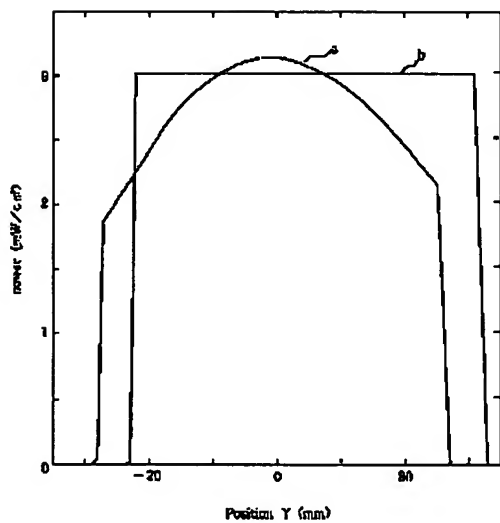
【図10】



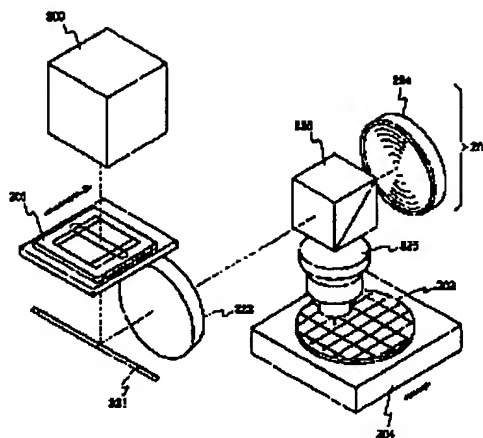
(11)

特開平7-72318

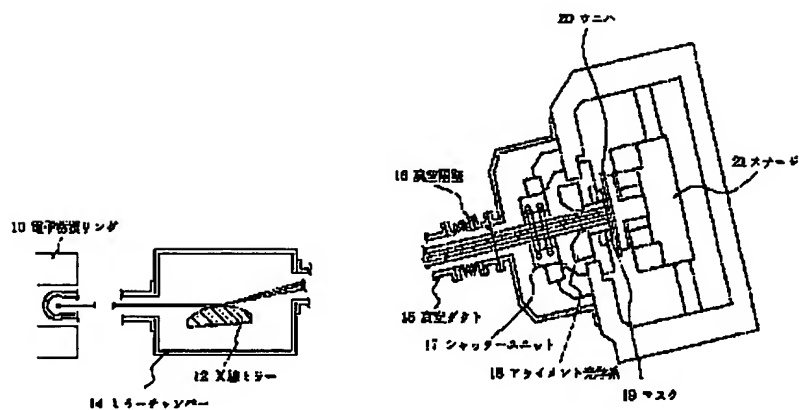
【図12】



【図15】



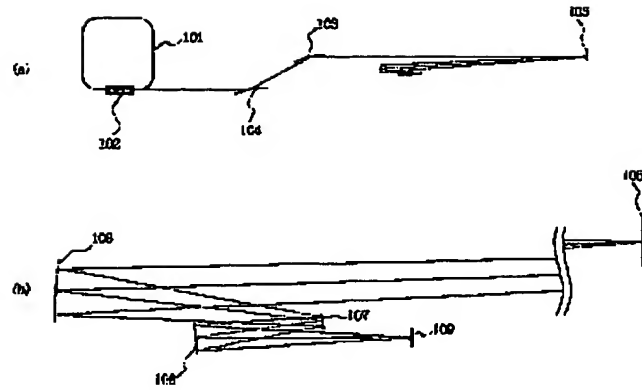
【図13】



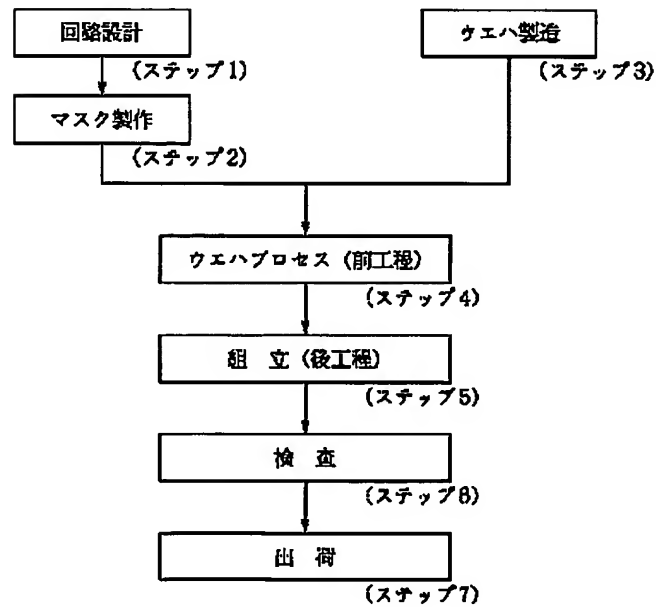
(12)

特開平7-72318

【図14】



【図17】

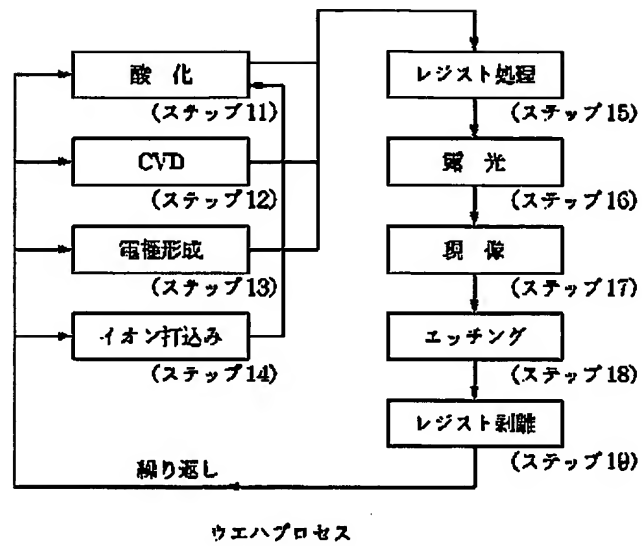


半導体デバイス製造フロー

(13)

特開平7-72318

【図18】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.